



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Aleksi Vilkki

Kunnossapidon ennakko- huollon kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Insinöörityö

20.12.2019

Tekijä Otsikko	Aleksi Vilkki Kunnossapidon ennakko- huollon kehittäminen
Sivumäärä Aika	28 sivua + 2 liitettä 20.12.2019
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Konetekniikka
Ammatillinen pääaine	Valmistus- ja tuotantotekniikka
Ohjaajat	Lehtori Pekka Salonen Kunnossapitopäällikkö Jarkko Männistö
<p>Insinööritöä tehtiin Teknos Oy:lle. Tavoitteena oli kehittää Pitäjänmäen tehtaan kunnossapidon pyörivien laitteiden ennakko- huoltoa selvittäen mahdollisuuksia laakerien värähtelynkuuntelun sekä pinnanpaksuuden mittauksien toteuttamisesta helmimyllyjen pesissä. Tarpeelliseksi kehityksen teki se, että tehtaalla ei ollut käytössä varsinaista ennakko- huolto-ohjelmaa, vaan kunnossapito toteutettiin enemmänkin korjaavan kunnossapidon menetelmin vikaantumisten sattuessa. Tästä aiheutui tuotannolle usein pitkiä huoltotaukoja ja tarpeetonta materiaalihukkaa.</p> <p>Tehtävä oli löytää hyviä ratkaisuja ennakko- huollon toteuttamiseen Pitäjänmäen tehdasympäristössä vertailemalla jo olemassa olevia järjestelmiä ja selvittämällä miten ennakko- huolto on toteutettu Teknoksen Rajamäen tehtaalla, jossa on jo käytössä vertailukelpoisia mittalaitteita ja sovelluksia. Lisäksi selvitettiin millaisia mahdollisuuksia markkinoilla on tarjolla kunnonvalvontaan räjähdysvaarallisissa tiloissa.</p> <p>Päätavoitteen mukaisesti lopussa löydettiin kunnossapidolle joitakin vaihtoehtoja toteuttaa ennakko- huoltoon liittyvää valvontaa.</p>	
Avainsanat	Kunnossapito, värähtelymittaus, huolto

Author Title	Aleksi Vilkki Development of Preventive Maintenance Solutions
Number of Pages Date	28 pages + 2 appendices 20 December 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical and Production Engineering
Professional Major	Production Engineering
Instructors	Pekka Salonen, Senior Lecturer Jarkko Männistö, Maintenance Manager
<p>The Bachelor's thesis was assigned by Teknos Ltd. The goal was to develop preventive maintenance solutions for rotating machinery in the Pitäjänmäki factory focusing on vibration measuring tools and ultrasound thickness measurement for pearl mill housings. This development was made necessary by the lack of a preventive maintenance program in the factory and because maintenance was mostly conducted when breakdowns occurred. This often led to major downtimes and waste of materials in production.</p> <p>The aim was to find proper preventive maintenance solutions for the production environment of the Pitäjänmäki factory by comparing the already existing solutions and researching how the preventive maintenance is carried out in the Rajamäki factory of Teknos, where some preventive maintenance tools were already utilized. Research was also done for solutions in the commercial market for the condition monitoring in explosive atmosphere environments.</p> <p>As a result, several solutions for carrying out preventive maintenance tasks were found and presented to the company's maintenance team.</p>	
Keywords	Maintenance, vibration measurement, maintenance

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn taustat	1
1.2	Työn tavoite	1
1.3	Työn rakenne	1
1.4	Yritysesittely	2
2	Kunnossapito	3
2.1	Kunnossapidon määrittelyt	3
2.2	Kunnossapidon sukupolvet	3
2.2.1	Ensimmäinen sukupolvi	4
2.2.2	Toinen sukupolvi	4
2.2.3	Kolmas sukupolvi	5
2.2.4	Neljäs sukupolvi	5
2.3	Ehkäisevä kunnossapito	5
2.3.1	Vikojen tyypit	6
2.3.2	Oireilevat viat	6
3	Total Productive Maintenance (TPM)	7
3.1.1	Yleistä	7
3.1.2	Päämäärät	7
3.1.3	Total Productive Maintenance -kehitysohjelma	8
4	Reliability Centered Maintenance (RCM)	9
4.1	Yleistä	9
4.2	Päämäärät	9
4.3	Reliability Centered Maintenance-prosessi	10
4.4	Toteutus kevennettynä	11
5	Vika-vaikutusanalyysi	12
6	Kriittisyysanalyysi	13
7	Laakerien kunnonvalvonta	15

7.1	Värähtelymittaukset	15
7.1.1	Luokka 1	15
7.1.2	Luokka 2	16
7.2	Akselijännite	17
8	Atex	19
8.1	SFS-EN 60079-10-1 Kaasuräjähdyksvaaralliset tilat	19
8.2	Tilaluokitus	19
8.3	Tilaluokat	20
9	Maalinvalmistus	21
10	Ongelmakohdat ennakoivassa kunnossapidossa	23
10.1	Helmimyllyjen pesien kuluma	23
10.2	Laakerien värähtelymittaukset	23
10.3	Mittalaitteiden vertailu	24
11	Ennakoivan kunnossapidon kehitys	25
11.1	Toteutus laitehankintana	25
11.2	Toteutus ulkoistettuna palveluna	26
12	Yhteenveto	27
	Lähteet	28
	Helmimyllyjen pesien seinämävahvuudet	1
	Helmimyllyjen pesien kuluma	2
	Liitteet	
	Liite 1. Helmimyllyjen pesien seinämävahvuudet	
	Liite 2. Helmimyllyjen pesien kuluma	

Lyhenteet

ATEX	<i>Atmosphères explosibles</i> , räjähdysvaarallinen ympäristö
FMEA	<i>Failure Mode and Effects Analysis</i> , vika-vaikutusanalyysi
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i> , vikaantumisten välinen aika.
RCM	<i>Reliability centered maintenance</i> , luotettavuuskeskeinen kunnossapito.
RPN	<i>Risk Priority Number</i> , riskitodennäköisyyksien tulo välillä 1—1000
TPM	<i>Total Production Maintenance</i> , kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito

1 Johdanto

1.1 Työn taustat

Tämän insinööri työn taustalla oli tarve kehittää Teknos Oy:n Pitäjänmäen tehtaalle ennakkohuoltoratkaisuja pyörivien koneiden laakerointien ja helmimyllyjen pesien kunnonvalvontaan hyväksikäyttäen laakerien värähtelymittaustekniikkaa sekä materiaalinpaksuuden mittausta esimerkiksi ultraäänellä. Pitäjänmäen tehtaalla tuotannon laitekanta on vaihtelevaa laitteiden iän sekä laitevalmistajien osalta, mikä tekee kunnossapidon työtehtävistä haastavia ja monimuotoisia. Tästä johtuen myös varaosien löytäminen laiterikkojen sattuessa voi usein olla vaikeaa, ja oikeaa osaa ei usein löydy tehtaalta suoraan, vaan se on erikseen tilattava toimittajalta tai jälleenmyyjältä. Tästä aiheutuu tarpeettoman pitkiä seisahduksia tuotantolaitteissa ja joskus myös huomattavia turhia materiaalihäviöitä. Siksi on tärkeää, että yleisimmät tuotannon keskeytymiseen johtavat viat löydettäisiin ennen niiden vaikuttamista tuotantoon ja tarvittava huoltotoimenpide pystyttäisiin toteuttamaan niin, että siitä on mahdollisimman vähän haittaa tuotannolle.

1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena on löytää ratkaisuja ennakkohuoltoon varten Pitäjänmäen tehtaalla laitekkannalle. Ennakkohuoltoratkaisujen tarkoituksena on ennaltaehkäistä mahdollisia arvaamattomia laiterikkoja, jolloin huoltotoimenpiteet saataisiin tehtyä mahdollisimman pienellä haitalla tuotannolle ja tätä kautta vähentää kunnossapidon tuotannolle aiheuttamia kustannuksia.

1.3 Työn rakenne

Aluksi työssä käydään läpi työn teoreettinen osuus, jossa perehdytään työn taustoihin, tavoitteisiin sekä tarpeellisiin taustatietoihin teollisuuden kunnossapidon toiminnasta.

Teoriaosuudessa käsitellään myös värähtely- ja ultraäänimittauksen perusteita, sekä olosuhteita tehtaalla. Lopuksi käsitellään erilaisia ratkaisumalleja ja vertaillaan niiden etuja ja haittoja.

1.4 Yritysesittely

Teknos on kansainvälinen maalinvalmistaja, joka tarjoaa laajan valikoiman laadukkaita maaleja sekä pintakäsittelyaineita valmistavan teollisuuden, rakennusalan ammattilaisten ja kuluttajien käyttöön. Teknos on saanut alkunsa vuonna 1948, jolloin maalinvalmistusta varten vuokrattiin Tuomarilasta vanha tila, jossa sijaitsi kanala. Tästä rakennettiin ensimmäinen laboratorio, josta käynnistyi tuotanto yhden miehen kollerimyllyllä. Teknoksen alkutarina on otettu huomioon mm. yrityksen logon suunnittelussa. Teknoksen logossa on esitetty pensseli kukon muodossa. (Teknos Oy 2019)

2 Kunnossapito

2.1 Kunnossapidon määrittelyt

Kunnossapito on erilaisten asioiden (kuten prosessien, koneiden, laitteiden, rakenteiden, rakennusten, teiden, tietoverkostojen, laivaväylien, terveyskeskusten, vesi- ja viemäriverkostojen) pitämistä toimintakuntoisina siten, että ne toimivat luotettavasti, esiintyvät viat korjataan sekä ympäristö- ja turvallisuusriskit hallitaan (Järviö et al. 2011, 15). Kunnossapito on myös markkinoinnin, logistiikan, henkilöstöhallinnan ja liikkeenjohdon ohella yksi liiketoimialasta riippumaton toiminto. Vaikka kunnossapidon keskeiset toimet muuttuvat toimialojen välillä, ovat toimintaperiaatteet ja tavoitteet aina samat. SFS-EN 13306:2001 -standardissa kunnossapito määritellään seuraavasti:

Kunnossapito koostuu kaikista kohteen elinajan aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon.

PSK 7501:2000 -standardissa kunnossapitotyöt on jaettu kahteen ryhmään omine alaryhmineen. Nämä ryhmät ovat häiriökorjaukset ja suunniteltu kunnossapito. Tämä perustuu RCM:n, (Reliability Centered Maintenance, luotettavuuskeskeinen kunnossapito) määritelmään, jossa kunnossapitotoimet on jaettu ennakoiviin sekä reagoiviin toimenpiteisiin.

Reagoivilla kunnossapitostrategioilla koneen nettoteho on pienempi kuin bruttoteho. Eron aiheuttavat viat, jotka eivät pysäytä konetta tai lamaannuta tuotantoa, mutta vaikuttavat tuotannon määrään ja mahdollisesti laatuun. Reagoivat strategiat eivät tehoa oireileviin vikoihin, sillä ne keskittyvät vaurioiden korjaamiseen. Oireilevien vikojen poistoon on sovellettava ennakoivia kunnossapitostrategioita. (Järviö et al. 2011, 63.)

2.2 Kunnossapidon sukupolvet

Kunnossapidon vaativuus on vuosikymmenten aikana noussut jatkuvasti uusien teknologisten innovaatioiden, tuotantomäärien kasvun ja valmistusprosessin

monimutkaistumisen ja tehostumisen seurauksena. Valmistusprosesseissa yhä lisääntyvä automaation määrä sekä integroidut prosessit vaativat kunnossapidon henkilöstöltä aiempaa enemmän ammattitaitoa ja perehtymistä. Kunnossapidon kehittyminen on usein jaettu neljään sukupolveen vaativuuden ja kehityksen mukaan.

2.2.1 Ensimmäinen sukupolvi

Ensimmäisen sukupolven kunnossapidolle tyypillistä on koneiden pieni integraatioaste, yksinkertaiset rakenteet ja mekanismit, ylimitoitettut koneet. Koneiden yksinkertaisuuden johdosta ennakoiva kunnossapito koostui lähinnä puhdistamisista, säätämistä sekä voiteluhuolloista. Tarvittava osaamistaso oli suhteellisen matala. (Järviö et al. 2011, 17.)

2.2.2 Toinen sukupolvi

Toinen sukupolvi käynnistyi toisen maailmansodan aikoihin sotatarvikkeiden massiivisesta tarpeesta johtuen. Kokeneista käyttäjistä oli pulaa, ja entiset käyttäjät vietiin rintamalle. Tuotantomäärien ja kokemattomien käyttäjien ongelma saatiin ratkaistuksi lisäämällä automaatiota ja rakentamalla pidempiä tuotantoketjuja. Asetelmasta syntyi ongelmia, joita pyrittiin hillitsemään käynnistämällä erilaisia laatuhankeita tasapainottamaan työvoiman määrän ja osaamistason vaihteluita. Kiristynyt kilpailu synnytti riippuvuutta koneiden tehokkaasta käytöstä. (Järviö et al. 2011, 17.)

Toisen sukupolven koneet olivat monimutkaisempia ja synnyttivät myös uuden ongelman aikariippuvuudesta ja järjestelmien alkuaikojen lastentaudeista. Monimutkaisuus lisäsi myös kunnossapidon vaativuutta, jonka seurauksena kehittyi ehkäisevä kunnossapito jaksoitettujen huoltojen muodossa. Suuremmat kustannusmäärät johtivat myös kunnossapidon suunnitteluun ja johtamiseen, joilla pyrittiin ajamaan resurssien käytön tehokkuutta alas ja koneiden käytinvarmuutta ylös. (Järviö et al. 2011, 17.)

2.2.3 Kolmas sukupolvi

Kolmannen sukupolven katsotaan käynnistyneen 1970-luvulla, jolloin kehitettiin uusia innovaatioita teollisuuteen. Vaatimukset käyttövarmuudelle pystyttiin asettamaan uusille tasoille ja tutkimukset kehittivät uusia lähestymistapoja, työkaluja ja tekniikoita. Tehokkuudella ja luotettavuudella oli yhä aiempaa suurempaa merkitys teollisuudessa. Liiketoiminta tuli yhä riippuvaisemmaksi koneista mekanismien ja automaation myötä ja liiketoiminnan painopisteet siirtyivät niin, että markkinoiden keskeisimmät menestystekijät olivat kyky uusiutua ja kehittää osaamista uuden teknologian kanssa. Kilpailu ja markkinat muuttuivat maailmanlaajuisiksi. Paikallisten yritysten kilpaillessa uusia markkinoita vastaan kehitettiin ja käyttöön otettiin uusia tehokkaampia toimintamalleja, kuten JIT (Just In Time). Tuotantolaitoksiin sidottiin yhä enemmän pääomaa, mutta investoitu pääoma myös antoi paremman tuoton resurssien tehokkaammasta käytöstä johtuen. (Järviö et al. 2011, 18.)

2.2.4 Neljäs sukupolvi

Neljäs sukupolvi käynnistyi 1990-luvulla mikroelektroniikan ja IT-teknologian läpimurrosta. Prosesseja automatisoitiin ja uudet tekniikat tuotantovälineissä muuttivat kunnossapitäjien osaamisvaatimuksia. Kunnossapito tarvitsee yhä enemmän erikoisosaamista ja kunnossapidossa tarpeellisten työkalujen, kuten erilaisten testauslaitteiden, kustannukset kasvavat räjähdysmäisesti, monesti jopa yli huollettavan laitteen hankintahinnan. Tietojärjestelmät ja verkostoituminen muuttavat kunnossapidon luonnetta. Etävalvonta ja käyntitietojen käsitteleminen etäältä on nyt mahdollista. Kunnossapito ei myöskään kohdistu enää vain mekaaniseen laitteeseen, vaan myös ohjelmistoon sekä elektroniikkaan. Etätyöskentely mahdollistaa entistä tehokkaamman resurssien käytön. (Järviö et al. 2011, 18–19.)

2.3 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevän kunnossapidon päämäärä on vähentää vikaantumisen todennäköisyyttä tai toimintakyvyn heikkenemistä. Ehkäisevä kunnossapito voi olla säännöllisesti tai tarpeen vaatiessa toteutettua. Kunnossapidon tehtävät voidaan tällöin aikatauluttaa ja suunnitella siten, että niistä on tuotannolle pienin mahdollinen haitta. Ehkäisevän

kunnossapidon työkaluja ovat kunnonvalvonnan toimenpiteet, kuten tarkastaminen, käynninvalvonta ja vikaantumistietojen analysointi. (Järviö et al. 2011, 50.)

2.3.1 Vikojen tyypit

Vikaantumisten tyypit voidaan jakaa kahteen pääryhmään, vakaviin ja lieviin vikoihin. Vakavat vikaantumiset vaikuttavat oleellisesti kohteen tärkeäksi arvioituun toimintoon, kun taas lievät vikaantumiset eivät vaikuta yhteenkään tärkeään toimintoon. TPM-jakaa viat toiminnon estäviin ja rajoittaviin vikoihin, kun taas RCM:ssä ei keskitytä vikojen jaotteluun vaan vikaantumisten aiheuttamiin menetyksiin. RCM:ssä ei myöskään keskitytä kaikkien vikojen löytämiseen, vaan huomio kohdennetaan niihin vikoihin, jotka ylittävät ennalta määritellyt menetyksien kynnsarvot. (Järviö et al. 2011, 62.)

2.3.2 Oireilevat viat

Oireilevat viat voivat usein jäädä huomaamatta monesta syystä. Näitä syitä voivat olla esimerkiksi se, että vikoja ei voi aisteilla havaita, vian seuraukset ovat minimaalisia, jolloin niistä ei raportoida eteenpäin, tai viat esiintyvät jatkuvasti. Aina syytä syntymiselle ei tunneta, jolloin siihen reagoidaan ”ominaisuutena” ja vian ratkaisemisen sijaan se jätetään huomiotta, ohitetaan tai vaihdetaan kone uuteen jos edellytyksiä vian selvittämiseksi ei ole. Usein ongelmiin ja vikoihin keskitytään vasta niiden keskeyttäessä toiminnan. Monesti tuotanto-osastoilla käyttäjät ja kunnossapito on lokeroitu tiukasti omiksi osastoikseen eikä käyttäjillä ole mielenkiintoa kunnossapitoon tai vikaantumisen seurantaan. Toimintahäiriöiden havaitseminen voi olla vaikeaa, ja käyttäjällä tulisi olla kunnossapidollista osaamista niiden havaitsemiseksi. Myös koneen käyttö voi poiketa valmistajan suunnitelmasta ja koneen käyttäjät voivat keskenäänkin toimia eri tavalla. (Järviö et al. 2011, 63–64.)

3 Total Productive Maintenance (TPM)

3.1.1 Yleistä

TPM on filosofia, jonka lähtökohtana on luoda tuotannon koneille optimaaliset toimintaolosuhteet ja ylläpitää ne. Alkuperäistä TPM-filosofiaa ja lähestymistapaa on sittemmin muokattu paremmin pohjoismaisiin yrityksiin ja johtamistapaan sopivaksi, mutta periaatteet ovat samat. Sana kokonaisvaltainen on TPM-filosofiassa korostettu ja tarkoittaa kokonaistehokkuutta, kokonaiskattavuutta sekä kokonaisvaltaista osallistumista. Avainsanoma mallissa on se, että kaikki koneet joista tuotanto on riippuvainen, pidetään optimikunnossa ja maksimoidaan suorituskyky. Vastuu tämän tapahtumisesta on käyttöhenkilökunnalla henkilökohtaisesti. (Järviö et al. 2011, 111.)

3.1.2 Päämäärät

TPM:n isäntänä tunnettu Seiichi Nakajima on asettanut vuonna 1989 kokonaisvaltaiselle tuottavalle kunnossapidolle seuraavat asiapäämäärät:

Koneen kokonaistehokkuuden maksimointi.

Kehittää kunnossapitosysteemi, joka kattaa koko koneen eliniän.

Kaikkien koneen suunnitteluun, käyttämiseen ja kunnossapitoon liittyvien osastojen sekä ihmisten sitominen mukaan.

Sitoo mukaan koko yrityksen henkilökunta kaikilta tasoilta

Siirtää kunnossapidon suunnittelu ja toteutus niille ryhmille, joiden työtehtäviin kone jollain tavoin liittyy. (Järviö et al., 2011, 112.)

TPM-metodissa on lueteltu myös seuraavat erityispiirteet:

TPM sisältää menetelmiä tiedonkeruuseen, analysointiin, ongelmien ratkaisuun sekä prosessin ohjaukseen. Menetelmillä pyritään parantamaan laitteen tehokkuutta.

TPM kannustaa käytön ja kunnossapidon henkilökuntaa työskentelemään yhdessä yhdenvertaisina kumppaneina. TPM pitää sisällään myös toimintoja, kuten suunnittelun, laadun, tuotannonohjauksen, ostotoiminnan sekä valvonnan.

TPM edistää jatkuvia laiteparannuksia ja sille on laajaa käyttöä standardisoinnissa, työpaikkojen organisoinnissa, visuaalisessa johtamisessa sekä ongelman ratkaisussa (Järviö et al. 2011, 112).

Vaikka kunnossapidon kustannukset on helppo arvioida yleisellä tasolla kertyvistä kustannuksista, kuten tunneista ja alihankintatyöstä, on kustannusten ja hyötyjen arviointi kunnossapitotyöstä paljon monimutkaisempaa. Suurista tuotantokatkoksista aiheutuneet menetykset ovat laskettavissa, mutta lyhyistä katkoista ja rajoitetusta tuotannon tehokkuudesta tai laatuhäviöistä aiheutuvat menetykset ovat paljon vaikeammin osoitettavissa. Oikein toteutetulla TPM:llä parannetaan tehokkuutta ja ratkaistaan luotettavuusongelmia, jolloin kokonaisvaltainen arviointi on yksinkertaisempaa. (Järviö et al., 2011, 112.)

3.1.3 Total Productive Maintenance -kehitysohjelma

Siirtyminen TPM:n oppien mukaiseen toimintaan koostuu kolmesta vaiheesta, jotka ovat suunnitteluvaihe, mittausvaihe sekä kunnostusvaihe. Lisäksi on myös huippukuntoisuusvaihe, jolla halutaan korostaa tavoitteiden haasteellisuutta. Eurooppalaisessa TPM-mallissa pyritään usein ensiksi tunnistamaan kunnossapidolliset ongelmat, jolloin taloudelliset tulokset ovat nopeasti saavutettavissa. Täysimittainen TPM-kehitysohjelma on siitä huolimatta kuukausien pituinen projekti, jonka ajatusmaailman lopullinen omaksuminen voi kestää vielä huomattavasti kauemminkin. (Järviö et al. 2011, 86–87.)

4 Reliability Centered Maintenance (RCM)

4.1 Yleistä

RCM on systemaattinen menetelmä, ja sen lähtökohtana ovat olleet lentokoneteollisuuden tarpeet käyttövarmuuden lisäämiseksi. RCM-menetelmässä kunnossapitotoiminnan suorittamisen lisäksi tärkeänä tekijänä pidetään laitteiden suunnittelua ja kehitystä kunnossapidettävyyden ja käyttövarmuuden parantamiseksi. Eräs kunnossapidon ongelmista on ollut suunnittelu, ja koska tehokkaita keinoja ei ole ollut, on kunnossapito-ohjelmat usein suunniteltu valmistajan ohjeiden sekä kokemusten perusteella. Tästä johtuen etenkin ehkäisevää kunnossapitoa tehdään merkittävästi liikaa. John Moubray on esittänyt, että tästä ehkäisevästä ja suunnitellusta kunnossapidosta jopa 40 % on tarpeetonta. (Mikkonen 2009, 75.)

4.2 Päämäärät

Moubray on määrittänyt RCM-metodille keskeisimmät päämäärät. Nämä ovat seuraavat:

Priorisoida prosessien laitteet ja näin kohdistaa kunnossapito sellaisiin laitteisiin, joissa sitä eniten tarvitaan.

Selvittää laitteidenvikaantumismekanismit ja luoda pohja parempien kunnossapitomenetelmien käytölle.

Saattaa myös aiemmat passiiviset raja- ja turvalaitteet kunnossapidon piiriin.

Jollei tehokasta ehkäisevää kunnossapitoa voida suorittaa, luodaan valmiit toimintaohjeet vikaantumisen varalle

Koneiden käyttöhenkilökunta on koulutettava seuraamaan kriittisten komponenttien toimintaa. (Järviö et al. 2011, 125.)

4.3 Reliability Centered Maintenance-prosessi

Moubray on suunnitellut RCM-prosessille seuraavan järjestyksen:

1. Määritellään laitteiden toiminnot ja tehokkuusvaatimukset:
 - sekä primääriset että sekundääriset
 - määritellään vaatimustaso näille.
2. Määritellään toiminnalliset viat:
 - miten laite voi epäonnistua toteuttamaan kohdassa 1 määritellyn toiminnon.
3. Selvitetään vikaantumismallit:
 - mitkä erilaiset vikaantumismallit voivat johtaa siihen, että toiminnallinen vika syntyy
 - esimerkkinä otettava huomioon normaali ikääntyminen, mutta tarvittaessa myös käyttövirheet ym.
4. Selvitetään vian vaikutukset:
 - miten vikaantuminen ilmenee
 - kohdat 3 ja 4 saadaan yleensä vika- ja vaikutusanalyysin tuloksena.
5. Määritellään vian seuraukset jotka jaetaan neljään kategoriaan RCM:n päätöksentekologiikan mukaan:
 - piilevät seuraukset
 - turvallisuus- tai ympäristövaikutukset
 - toiminnalliset vaikutukset
 - ei-toiminnalliset vaikutukset.

6. Määritellään ennakoivat toimenpiteet kohdan 5 mukaan:

- säännöllinen huolto
- säännöllinen vaihto
- kunnon perusteella tapahtuva.

7. Määritellään korjaavat toimenpiteet kohdan 5 perusteella:

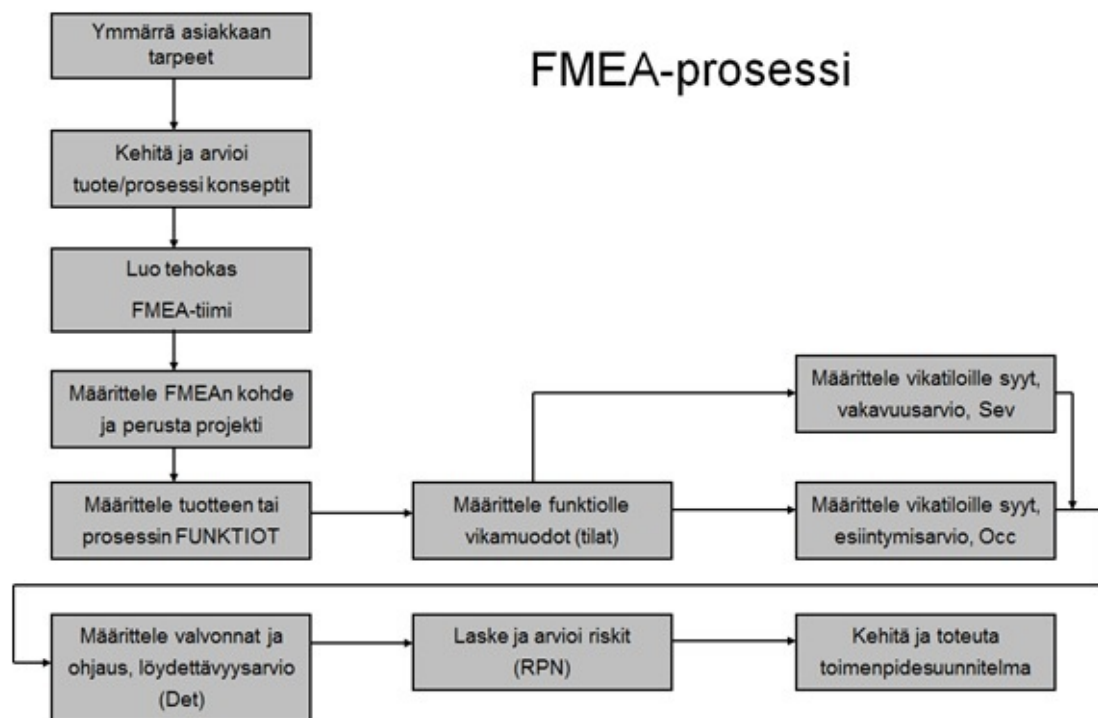
- säännölliset tarkastukset
- uudelleen suunnittelu
- ei huoltoa (run to failure).

4.4 Toteutus kevennettynä

Kevennetty RCM on karsittu tapa toteuttaa RCM-prosessia teollisuudessa ja etenkin vanhemmissa laitoksissa, joissa prosessi kokonaisuudessaan on koettu liian raskaaksi. Kevennetyjä RCM-malleleja on useita, mutta kaikissa niissä seulotaan varsinaiseen tarkasteluun tulevien kohteiden määrää standardoimalla tai toteuttamalla erilaisia esivalintamenettelyjä. Perinteinen tapa toteuttaa kevennettyny RCM-prosessia on tehdä laitteiden kriittisyyskartoitus ennen analyysin suorittamista ja tehdä prosessi vain tietyn rajan ylittäville laitteille. Tuloksia on kritisoitu siitä, että ne eivät välttämättä ole yhtä luotettavia kuin koko prosessin läpikäyminen. (Mikkonen 2009, 76–78.)

5 Vika-vaikutusanalyysi

Vika-vaikutusanalyysi (VVA) on SFS 5438 -standardissa määritelty järjestelmän luotettavuuden analysointimenetelmä. se on menetelmä, jolla tutkitaan potentiaalisia vikatiloja tuotteesta, prosessista tai organisaatiosta. VVA:ta kutsutaan myös riskianalyysiksi. Siihen kuuluu FMEA-, PFMEA ja DFMEA-lomakkeet. FMEA on myös tunnetuin ja käytetyin luotettavuusanalyysimenetelmä. VVA:n muuttujia ovat vakavuus-, esiintymis- ja havaittavuustodennäköisyys. Jokainen näistä pisteytetään yhdestä kymmeneen ja niiden tulo on tarkisteltavan systeemin, prosessin tai laitteen riskitaso arvona yhdestä tuhanteen. Tästä riskitasosta käytetään nimitystä riskitulo (RPN, Risk Priority Number). Tämän jälkeen arvioidaan vakavuus-, havaittavuus- sekä esiintymistodennäköisyydet ja niiden pisteytykset sekä hyväksymiskriteerit tasoittain (Suomen Stantardoimisliitto SFS ry, 2014). Kuvassa 1 esitellään FMEA-prosessikaavio kokonaisuudessaan.



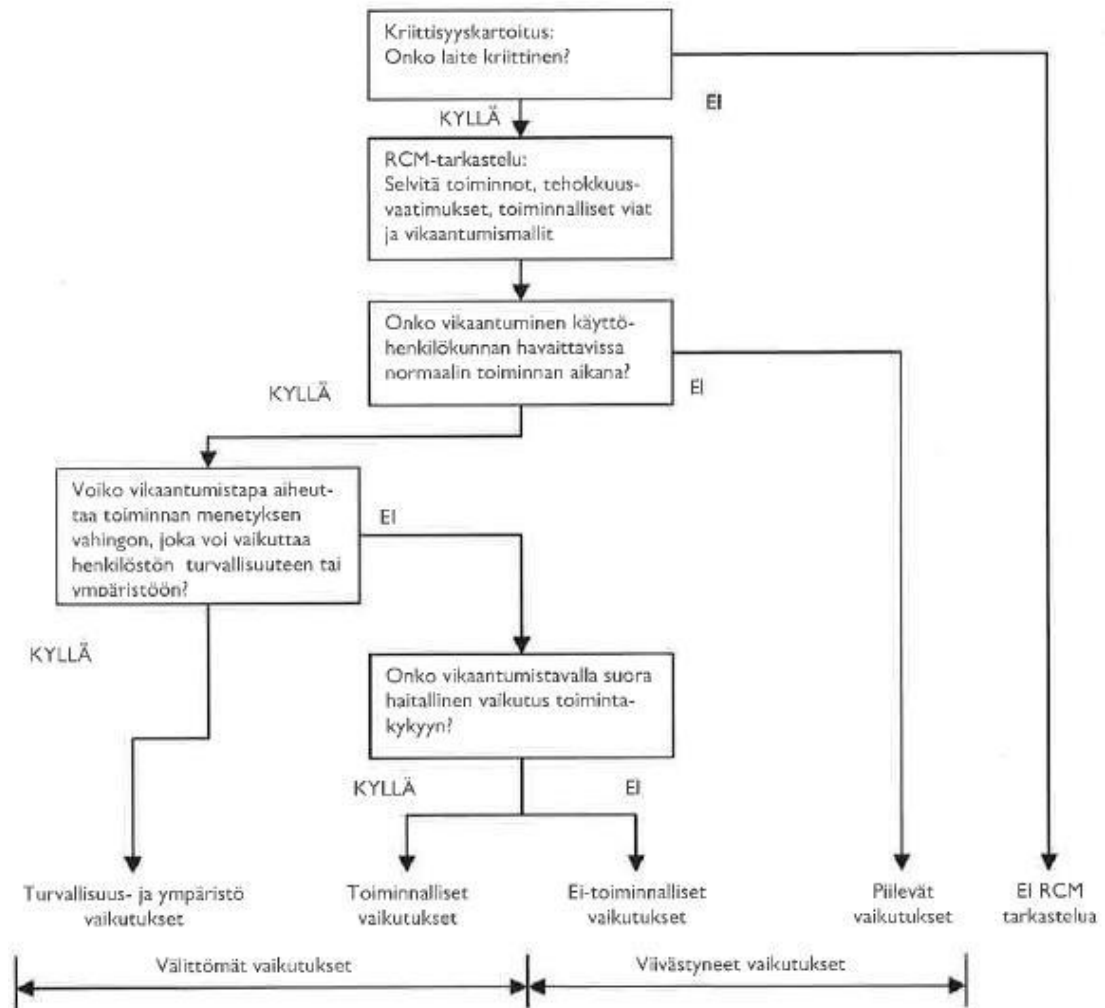
Kuva 1. FMEA-prosessi (Suomen Stantardoimisliitto SFS ry 2014).

6 Kriittisyysanalyysi

Kriittisyysanalyysin tarkoitus on selvittää laitteiden vaikutusta tuotantoon ottaen huomioon tapahtuman todennäköisyys, vahinkojen suuruus, laitteen korvattavuus, tuotantomenetykset, vaarat henkilöstölle ja ympäristölle sekä kunnossapidolliset tekijät kuten varalaitteiden ja varaosien saatavuus. Toteuttaminen on standardisoitu, mutta useat yritykset toteuttavat sitä sovelletuilla tavoilla. Periaate on kuitenkin sama, ja analyysin ensimmäinen vaihe on rajata kohde ja prosessit hallittavempiin osiin. Tämän jälkeen tulee jakaa rajatut prosessit toiminnallisiin yksikköihin jonka jälkeen määritellään kohteiden toiminnot, eli tutkitaan mitä halutaan estää. Vikahistoria, varaosien kulutus sekä valmistajan ohjeet ovat hyviä tutkinnan kohteita tätä varten. (Järviö et al. 2011, 75–76.)

Varsinainen analyysi voidaan toteuttaa esimerkiksi priorisoimalla toiminnot niiden kriittisyyden perusteella A-, B- ja C-ryhmiin. Kunnossapidon pääpaino tulee keskittää kriittisimpiin ryhmiin ja vähemmän kriittisiin ryhmiin voi riittää vain korjaavan kunnossapidon menetelmät ja huolto. Näin korkean kriittisyyden A-ryhmään jää kolmasosa laitteista ja kohdistamalla ehkäisevän kunnossapidon toimet näihin laitteisiin parannetaan prosessin luotettavuutta vikaantumisen vähentyessä. (Järviö et al. 2011, 76–77.)

Yksi tapa ennakoivan kunnossapidon suunnitteluun on RCM-prosessin ja kriittisyyskartoituksen yhdistäminen. Kriittisyyskartoitusta sovelletaan RCM-projektiin usein, sillä kokonaisessa tuotantolaitoksessa RCM-projektin työmäärä voi usein kasvaa kohtuuttomaksi suhteessa siitä saataviin hyötyihin. Kriittisyysanalyysin yhdistäminen RCM-prosessiin lyhentää työmäärää huomattavasti ja tekee RCM-projektista kannattavan myös haastavammissa kohteissa. Kuvassa 2 on esitelty yhdistetty RCM sekä kriittisyysanalyysi. (Mikkonen 2009, 146.)



Kuva 2. Yhdistetty RCM ja Kriittisyysanalyysi (Mikkonen 2009, 147).

7 Laakerien kunnonvalvonta

Kunnonvalvonta on monella tapaa sidoksissa yrityksen muihinkin toimintoihin. Kunnonvalvonta on kunnossapidon osa-alue, joka tuottaa oleellista tietoa investointien, käytön ja kunnossapidon kannalta. Kunnonvalvonta on yhä useammassa yrityksessä tiedostettu merkittäväksi keinoksi vaikuttaa tuotannon kannattavuuteen ja sillä saavutettavia hyötyjä ovat esimerkiksi tuottavuuden kasvu, kunnossapidon suunnitelmallisuus ja seisokkiaikojen vähentyminen sekä niiden parempi hyödyntäminen. Vikoja ennakoivan tiedostamisen myötä huoltoimenpiteet voidaan suunnitella jo etukäteen, jolloin kunnossapidon kustannukset vähenevät ja koneelta saatava tuotantoaika kasvaa. (Nohynek & Lumme 2004, 11–12.)

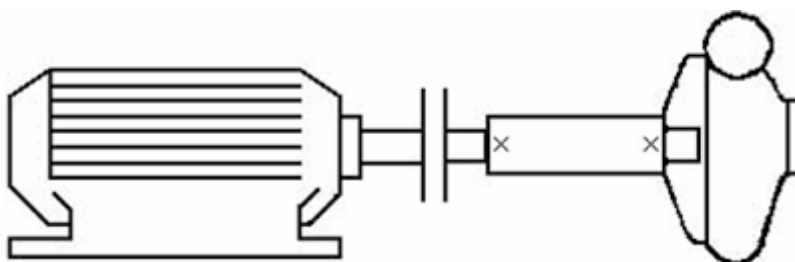
7.1 Värähtelymittaukset

Värähtelymittaukset ovat kunnonvalvonnassa yleisimmin käytetty menetelmä, ja sitä voidaan hyödyntää myös käytönvalvonnassa ja vikaselvityksissä. Oikein sovellettuna se on useimmiten myös paras ennakoivan kunnossapidon mittausmenetelmä, mutta väärin käytettynä ajan ja resurssien tuhlausta. Erilaisia laitteita ja sovelluksia värähtelymittauksien toteuttamiseen on lähes rajattomasti ja usein on vaikea tietää mikä sovellus, laite tai menetelmä olisi tarpeeseen soveltuva ja riittävä. Karkeasti värähtelymittausmenetelmät voidaan jakaa yksinkertaisiin ja monimutkaisiin menetelmiin, joita kutsutaan myös luokan 1 ja 2 valvontamenetelmiksi. (Nohynek & Lumme 2004, 17.)

7.1.1 Luokka 1

Ensimmäisen luokan mittalaitteita tarvitaan kunnonvalvontaan yleensä kaksi kappaletta, tai sitten voidaan hyödyntää mittalaitteita, josta löytyy kaksi mittasuuretta. Tyypillisesti toisella mittasuureella selvitetään laitteen kokonaisvärähtelyä, joka karkeasti antaa arviota laitteen akselin pyörimiseen liittyvistä vioista, kuten tarpeettoman suuresta välkyksestä tai epätasapainosta. Tämän mittasuureen suuruusluokka on yleensä noin 10–1000 Hz. Toinen mittasuure on pääasiassa korkeataajuisen värähtelyn mittaamista vierintälaakerien valvontaa varten ja on tyypillisesti yli 2 kHz:n taajuuksilta. Tämän

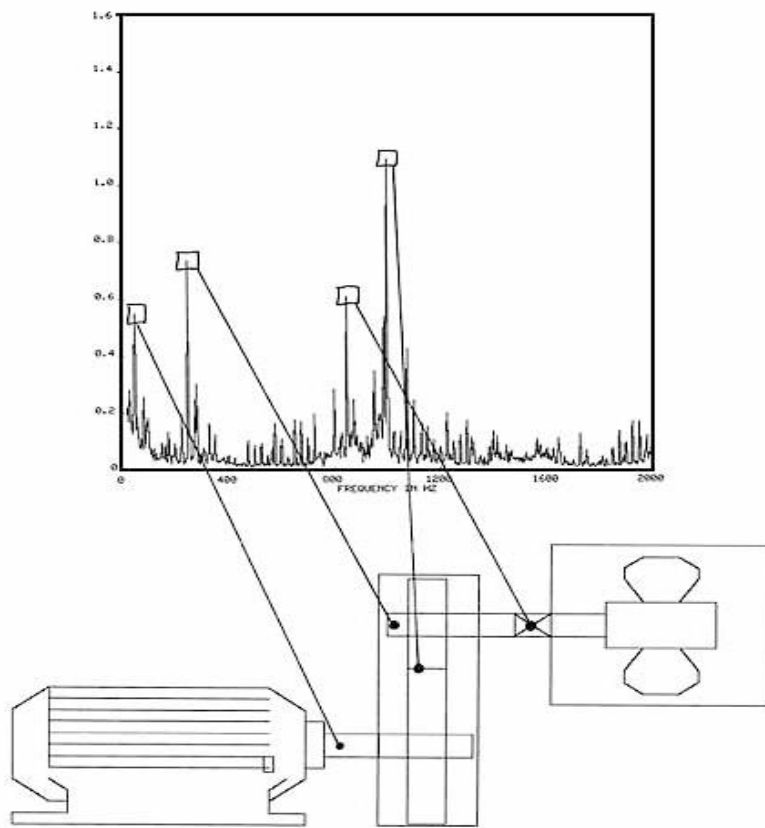
korkeataajuuksisen värähtelyn on havaittu yleistyvän kun laakerista häviää voitelukalvo tai laakeri on muuten vaurioitunut. Luokan 1 mittaussovellukset soveltuvat käytettäväksi laitteisiin jotka rakenteeltaan sellaisia, että niissä ei ole useampia erillisiä akseleita pyörimässä eri nopeuksilla. Kuvassa 3 on esitettynä yksinkertainen laite tyypillisiimillä mittauskohdilla. Mikäli voimansiirtolaitteina on esimerkiksi hihnakäyttöjä tai hammasvaihteita, ovat luokan 1 mittaussovellukset liian vasteettomia, sillä värähtelyn kokonaistasoarvo voi resonoida rakenteiden läpi esimerkiksi toisesta akselista, pumpun kavitaatiosta tai löysästä kiinnityksestä (Nohynek & Lumme 2004, 18–19.)



Kuva 3. Suorakäyttöpumppu (Nohynek & Lumme 2004, 18).

7.1.2 Luokka 2

Luokan 2 mittalaitteita käytetään vaativammissa, vaikeasti mitattavissa laitteissa, joissa voi olla useita moninopeuksisia akseleita, voimavälityksiä tai hihnakäyttöjä. Monimutkaisista laitteista aiheutuu monenlaista värinää, joka voi välittyä myös muihin mittauspisteisiin ja häiritä mittaustulosta oleellisesti. Toiseen luokkaan kuuluvat monimutkaisemmat mittauslaitteet ja -sovellukset, jotka usein ovat yksi- tai monikanavaisia spektrianalysaattoreita. Näillä mittalaitteilla on mahdollista toteuttaa myös pidemmälle menevää signaalinkäsittelyä, kuten aikatasoanalyysijä ja verhoikäyräanalyysijä. Dokumentointi ja mittaustulosten käsittely on kuitenkin järkevää riippumatta siitä minkä tasoita mittausta käytetään. Kuvassa 4. on esitetty esimerkki monimutkaisesta koneesta tulevista eri värähtelytaajuuksista. (Nohynek & Lumme 2004, 19.)



Kuva 4, Monimutkaisen koneen eri värinätaajuuudet (Nohynek & Lumme 2004, 19).

7.2 Akselijännite

Taajuusmuuttajakäyttöisillä moottoreilla staattorikäämitykseen syötetään jännitepulsseja, joilla on suuri nousunopeus ja tavallista suurempi voimakkuus. Joissakin tapauksissa nämä jännitepulssit voivat synnyttää moottorin akselille jännitteen. Mikäli tämä jännite kasvaa tarpeeksi suureksi, voi se aiheuttaa laakerin voitelukalvon läpi moottorin runkoon kulkeutuvan sähkövirran. Sähkövirta aiheuttaa laakerin sisäpinnoille kovertuneen, epätasaisen kuvion, joka on esitelty kuvassa 5. (Mikkonen 2009, 381.)



Kuva 5, Akselijännitteen aiheuttama pyykkilautakuvio (Fluke 2018).

Akselivirtoja on kahta erilaista perustyyppiä, induktiivista ja kapasitiivista. Näistä induktiivista akselivirtaa syntyy tavallisesti vain suuritehoisilla moottoreilla joiden teho on yli 100 kW. Näissä virta kulkeutuu akselin toisesta päästä laakerin kautta runkoa pitkin toisen pään laakerille ja sitä kautta takaisin akselille. Tässä tapauksessa paras tapa estää laakerivirta on käyttää toisessa päässä eristettyjä laakereita tai eristettyä laakerikilpeä. Kapasitiivista akselivirtaa syntyy tavallisesti pienemmillä moottoreilla, ja se synnyttää molemmista päistä runkoon syntyvän virran. Tässä tapauksessa on käytettävä molemmissa päissä eristettyjä laakereita ja varmistuttava, ettei virta kulkeudu kuormittavan koneen laakerille esimerkiksi vaihteiston kautta. (Mikkonen 2009, 382.)

Akselijännitettä voi syntyä myös tasavirtamoottoreissa, ja se on mitattavissa samalla tavalla akselijännitemittauksin kuin vaihtovirtamoottoreissakin. Tasavirtamoottoreissa riittävä korjauskeino on usein akselin maadoittaminen, jolloin akselijännite ei kasva tarpeeksi suureksi aiheuttaakseen laakerivikaa. (Mikkonen 2009, 382.)

8 Atex

Standardissa SFS-EN IEC 60079 määritellään räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettävien laitteiden ja Ex-komponenttien yleiset rakenne-, testaus- ja merkintävaatimukset. Siinä ja muissa sitä täydentävissä standardeissa määritellään lisätestivaatimuksia räjähdysvaaran varalle.

8.1 SFS-EN 60079-10-1 Kaasuräjähdysvaaralliset tilat

Standardin SFS-EN 60079 osassa 10-1 määritellään räjähdysvaarallisten alueiden soveltamisala tilaluokituksineen niille alueille, joissa voi esiintyä palavia kaasuja tai höyryjä. Sitä voidaan hyödyntää räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettävien laitteiden oikealle valinnalle ja asennukselle niissä tiloissa, joissa räjähdysvaaran aiheuttaa palava kaasu tai höyry sekoittuneena ilmaan normaaliolosuhteissa. Standardin tätä osaa ei kuitenkaan sovelleta esimerkiksi räjähdystarvikkeiden käsittelyssä, toimintahäiriöissä tai epänormaaleissa tilanteissa ja pölyistä tai hahtuvista aiheutuvassa räjähdysvaarassa. (Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2015.)

Räjähdyskelpoinen ilmaseos on määritelty palavan aineen ja normaaliolosuhteisen ilman seokseksi, joka syttymisensä jälkeen jatkaa palamista omavoimaisesti. Räjähdyskelpoinen kaasuilmaseos on vastaavasti kaasun tai höyryn muodossa olevan palavan materiaalin ja normaaliolosuhteisen ilman seos, joka syttymisensä jälkeen ylläpitää palamisen leviämistä. Räjähdysvaarallisen tilan status on tällaisten seosten vuoksi asetettu sellaisille tiloille, joissa näitä seoksia saattaa olla siinä määrin, että laitteiden rakenteelle ja käytölle on asetettava erityisvaatimuksia. Tilalla tarkoitetaan tässä standardissa kolmiulotteista tilaa. (Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2015.)

8.2 Tilaluokitus

Tilaluokituksella pyritään arvioimaan ja luokittelemaan sellainen tila, jossa mahdollisesti esiintyy räjähdyskelpoisia kaasuilmaseoksia. Tilaluokitus määrittää laitteiden oikean valinnan, asentamis- ja käyttötavan ja varmistaa niiden turvallisen käytön tilaluokituksen mukaisessa tilassa. Tilaluokitus koostuu tilaluokasta ja sen laajuuden määrittelemisestä.

Useimmissa käytännön tilanteissa, joissa palavia aineita käytetään, on hankalaa taata räjähdyskelpoisen ilmaseoksen syntymättömyys tai laitteiden muodostuminen syttymislähteeksi vikaantumisen tai käyttäjävirheen kautta. Siksi tiloissa, joissa todennäköisyys seosten syntymiselle on pieni, voidaan käyttää alemman turvallisuusluokituksen mukaisia laitteita. Myös tiukempien tilaluokkien alueet tulisi minimoida lukumäärältään ja suunnittelulla ja paremmilla käytötavoilla. (Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2015.)

8.3 Tilaluokat

Tilaluokat koostuvat neljästä tilaluokasta. Nämä ovat standardissa SFS-EN 60079 10-1 lueteltuna seuraavan taulukon mukaisesti.

Räjähdysvaaraton tila	<i>Tila, jossa räjähdyskelpoista kaasuilimaseosta ei ole odotettavissa siinä määrin, että laitteiden rakenteelle, asennukselle ja käytölle olisi asetettava erityisvaatimuksia.</i>
Tilaluokka 2	<i>Tila, jossa räjähdyskelpoinen kaasuilimaseos ei todennäköisesti esiinny normaalikäytössä, mutta mikäli sellainen kuitenkin esiintyy, sen esiintymisaika on lyhyt.</i>
Tilaluokka 1	<i>Tila, jossa räjähdyskelpoinen kaasuilimaseos todennäköisesti esiintyy normaalikäytössä ajoittain.</i>
Tilaluokka 0	<i>Tila, jossa räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai toistuvasti (Pitkäaikaisesti ja toistuvasti tarkoittavat tässä suurta todennäköisyyttä ja sille ei välttämättä määritellä kestoaikaa).</i>

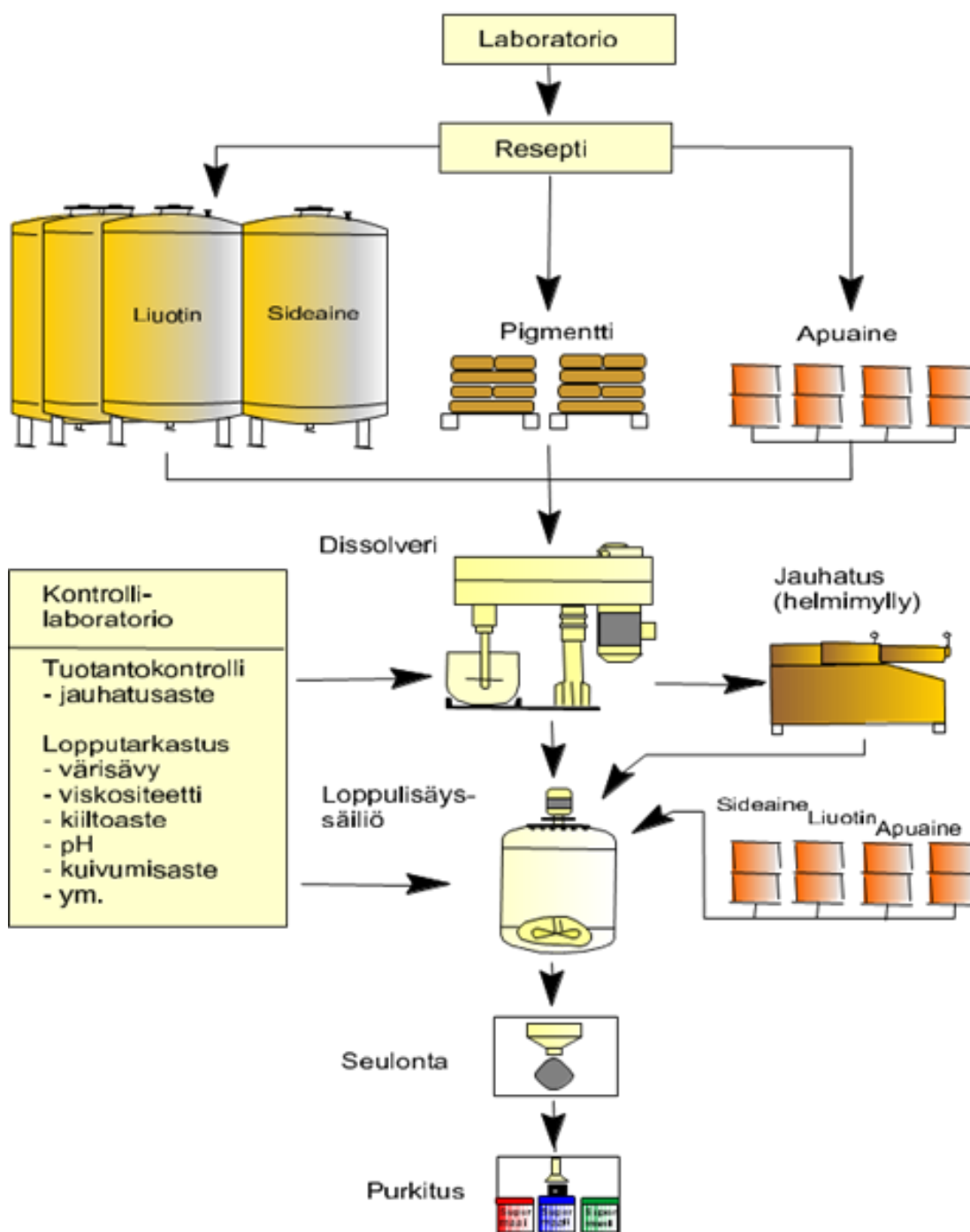
9 Maalinvalmistus

Maalinvalmistus on suhteellisen yksinkertainen prosessi, joka koostuu yhdeksästä eri vaiheesta. Vaiheet pysyvät suhteellisen muuttumattomina riippumatta käytettävissä olevasta laitteistosta ja siitä minkätyyppistä maalia valmistetaan. Taulukossa 1 on esitelty maalinvalmistusvaiheet taulukkomuodossa (muokattu versio Maalit ja niiden käyttö 1999, taulukosta 4.) Lisäksi kuvassa 6 on hahmotelma tyypillisestä maalinvalmistuslinjasta.

Taulukko 1, Maalin valmistusvaiheet

1. Raaka-ainekäsittely Vastaanotto Varastointi Varastostaottaminen	2. Esisekoitus Punnitus- ja tilavuusmittaus Raaka-aineiden satsaus Sekoitus Siirto jauhatukseen
3. Jauhatus (dispergointi) Satsaus Jauhatus Siirtojälkisekoitukseen (Punnitus- ja tilavuusmittaus)	4. Jälkisekoitus Satsaus Sekoitus
5. Sävytys Sävytyspастоjen/-maalien lisäys Sävyntä tarkistus Näiden toistaminen tarvittaessa	6. Toimitustarkistus Näyte käyttölaboratorioon Hyväksyntä
7. Seulonta Seulominen Säilöntä tai purkitus	8. Purkitus Purkitus Pakkaaminen Siirto varastoon
9. Valmiin tuotteen käsittely Varastointi Toimitus	

NESTEMAALIEN VALMISTUS



Kuva 6, Nestemaalien valmistus (Teknos Oy)

10 Ongelmakohdat ennakoivassa kunnossapidossa

Teknos Oy:n Pitäjänmäen tehtaalla havaittuja ongelmakohtia kunnossapidolle on laitteiden monimuotoisuudessa, pitkissä varaosien toimitusajoissa ja niiden saatavuudessa sekä kemikaalitehtaan ympäristössä, jossa ennakoivan kunnossapidon mittaukset voivat olla hankalia toteuttaa. Valmiita ratkaisuja on markkinoilla vähän, ja niiden soveltuvuus on monessa tapauksessa huono. Etenkin helmimyllyjen tapauksessa valmista menetelmää ei ole, vaan menetelmät vaihtelevat silmämääräisestä tarkistuksesta pinnanpaksuuden mittaukseen ultraäänellä.

10.1 Helmimyllyjen pesien kuluma

Helmimyllyjen toiminta perustuu jauhatushelmien ja pyörivän liikkeen yhteistoimintaan. Pyörivä liike saadaan aikaiseksi joko roottorin tai itse myllyn pyörimisliikkeen avulla. Liikkeen seurauksena helmien ja jauhattavan tuotteen välille syntyy kontaktia, jolloin syntyy materiaalin hienojakoista jauhaantumista. Tästä prosessista syntyy merkittävästi lämpöä, jonka vuoksi pesissä on usein myös erillinen jäähdytyskanavisto ja jäähdytysvedenkierto. Jauhatuksessa käytettävät keraamiset helmet ovat kuitenkin huomattavasti itse metallista pesää kovempaa materiaalia, josta syystä myös pesä kuluu jauhatuksen aikana. Pesän kuluessa liikaa on mahdollista, että sisemmän jauhatuspuolen ja jäähdytyskanaviston väliin puhkeaa reikä, jolloin sekoitettavaan maalierään pääsee sekoittumaan jäähdytysvettä. Pahimmassa tapauksessa tämä voidaan havaita vasta laadunvalvonnassa, jolloin kyseisen maalierän tuotantopanos on menetetty. Liitteessä 1 on esimerkkejä helmimyllyn seinämiin kuluneista urista ja valmistajan ilmoittamista ohjearvoista seinämän vahvuudelle. Kuten kuvista selviää, kuluma ei ole tasaista, mikä osaltaan hankaloittaa hyvän mittaustavan toteuttamista.

10.2 Laakerien värähtelymittaukset

Laakerien värähtelymittauksiin on olemassa pitkälle kehitettyjä menetelmiä ja palveluita, mutta ne vaativat usein ennakkotietoa esimerkiksi laakerin tyypistä ja laitteen ominaisuuksista, jotta niitä hyödyntämällä voitaisiin saada luotettavaa tietoa laakerin kunnosta. Lisäksi mittausprosessi voi olla työläs ja se on järjestettävä niin, että mitattava

kone on ajossa mittauksien aikana, jolloin laitteen valinnassa on otettava huomioon myös työturvallisuuteen vaikuttavat seikat. Mittaukset itsessään eivät vie aikaa montaa minuuttia pidempään ja suurimmat haasteet ovat siksi ennakkotöissä ja kaikille laitteille sopivan menetelmän löytämisessä.

10.3 Mittalaitteiden vertailu

Mittalaitteita on kehitetty markkinoille sekä laakerien kunnonvalvontaan, että pinnanpaksuuksien mittauksiin todella paljon aina mekaanisista mittalaitteista digitaalisiin etävalvottaviin antureihin. Suurin osa niistä kuitenkin soveltuu huonosti maalliseen ympäristöön tai niillä ei välttämättä saada tuloksia ilman kohtuutonta vaivaa kunnossapidolle tai tuotannolle. Laitteiden suora vertailu on hankalaa, sillä valmistajat eivät välttämättä suoraan ilmoita kaikkia haluttavia ominaisuuksia ja suurin osa laitteiden maahantuojista tai valmistajista tarjoaa myös mittauspalveluita, joita he usein tahtoisivat ensisijaisesti markkinoida. Laitteisiin on usein myös lisätty paljon ominaisuuksia, joita välttämättä ei tarvittaisi, jotka omalta osaltaan voivat tehdä käytöstä turhan monimutkaista kokemattomalle käyttäjälle ja saattavat jopa vaikeuttaa luotettavien mittaustulosten saamista.

11 Ennakoivan kunnossapidon kehitys

Teknoksen maalinvalmistuksessa ei niinkään ole käytössä tuotantolinjaa, vaan tuotanto tapahtuu enemmänkin solutuotannon omaisesti eri pisteillä ja alati muuttuvassa järjestyksessä. Tuotannon pysäyttäviä kriittisiä kohteita on siitä johtuen suhteellisen vähän, sillä yhden pisteen laitteiston vikaantuessa voidaan työtehtävä usein siirtää toiselle pisteelle. Koska varsinaista tuotantolinjaa ei ole, niin yhden työpisteen kunnonvalvonnasta ei välttämättä ole kokonaisuuden kannalta merkittävää hyötyä. Lisäksi Pitäjänmäen tehtaan monimuotoinen laitekanta ja ATEX-tilaluokitus tuottaa haasteita kunnonvalvonnan laitteistoille. Työn edetessä päätettiin näistä syistä keskittyä lähinnä kunnonvalvonnan työkalujen ja menetelmien löytämiseen kunnossapidon tiimille. Nämä työkalut tai menetelmät voisivat toteutuksena käsittää pyörivien koneiden kunnonvalvontaa joko erityyppisillä laitteilla tai erikseen hankittavana ulkoisena palveluna.

11.1 Toteutus laitehankintana

Toteutus laitehankintana tarkoittaisi järjestelmän tai yksittäisten mittalaitteiden hankkimista kunnossapidon käyttöön. Hankituista työkaluista voisi olla suurta hyötyä mikäli tulevaisuudessa halutaan siirtyä lähemmäs TPM-filosofian käyttäjäkunnossapidon mukaista mallia, sillä kunnossapitohenkilöstön ei tarvitsisi etsiä useimpia vikoja, jos ne ovat laitteellisesti todettavissa.

Helmimyllyjen metallisten pesien pinnanpaksuusmittauksien osalta olisi hyvä noudattaa tiettyä joko käyttötunteihin tai esimerkiksi kuukausiin sidottua aikataulua, jonka välein pesät tarkastetaan käsin mittaamalla. Tässä tapauksessa ei mittauksia voida toteuttaa kun vikaa epäillään, sillä mikäli vikaantuminen on havaittavissa, niin on vaurio jo todennäköisesti aiheuttanut vähintään yhden erän menetyksen tuotannolle. Lisäksi varaosien toimitusajat voivat olla useita kuukausia ja niistä ei usean eri mallin vuoksi ole varastoa. Ennakoimalla kulumisesta aiheutuneet viat ja säännöllisesti valvomalla pesän kulumaa voidaan saada suuria säästöjä ja tehostaa tuotantoa suhteellisen pienellä vaivalla.

Laakereiden värähtelymittausten osalta TPM-filosofian mukainen käyttäjäkunnossapito voisi olla ratkaisu ennakoiwaan huoltoon niiltä osin, että käyttäjää koulutetaan hieman ylläpitävään kunnossapitoon, kuten laitteen tärkeimpiin tarkastuksiin, rasvauksiin ja puhdistaviin huoltotöihin. Käyttäjän suorittamien tarkastusluonteisten ja puhdistavien huoltotöiden sekä käytön aikana havaitut poikkeamat raportoidaan kunnossapidolle, joka suorittaa tarkastukset sekä tarvittaessa mittaukset laakereille. Mikäli vikoja todennetaan, voi kunnossapito reagoida siihen hyväksi katsomallaan tavalla ja ennakoivasti. Samalla tarkastusluonteiset työt vähenevät ja vapautuu kunnossapidon resursseja kunnossapitoon.

11.2 Toteutus ulkoistettuna palveluna

Ulkoistettuna palveluna kunnonvalvonta käsittäisi mittauksien ja kunnonarvioinnin siirtämisen ulkoiselle toimijalle, joka ajoittain kävisi valvomassa koneet läpi. Yleensä helpoimmat tavat toteuttaa kunnonvalvonta näin on panostaa kiinteisiin tai puolikiinteisiin kunnonvalvontajärjestelmiin, jotta ulkoisen toimijan ei tarvitsisi tuntea laitekantaa ja tehtaan rakennetta. Lisäksi mittaukset eivät näin toteutettuna aiheuta haittaa tuotannolle. Pitäjänmäen tapauksessa kiinteät, puolikiinteät ja onlinejärjestelmät ovat kuitenkin todella hankalasti toteutettavissa kustannustehokkaasti, joten palvelu tulisi edelleen suorittaa käsimittauksin suoraan mitattavasta koneesta. Sen vuoksi myös laitteiden läpikäymiseen menisi ulkoiselta palvelulta luultavasti useita viikkoja, kun taas laitehankinnan mallissa voisi käyttöön koulutettu kunnossapidon työntekijä tehdä kuntotarkastuksia varsinaisen työn ohessa niin, ettei tuotanto juurikaan häiriinny.

Helmimyllyjen osalta kunnonvalvonta ulkoistettuna palveluna olisi vaikea toteuttaa, sillä pesän paksuuden mittaaminen vaatii osittaista laitteen purkamista. Tällöin ajankohta tarkistukselle on sovitettava tuotannon aikatauluun ja sitoo työntekijöitä jo valmiiksi myös kunnossapidon puolelta. Mikäli pinnanpaksuuteen löytyisi laite suoraan asentajan käyttöön, tapahtuisi myös siinä tapauksessa mittaus saman kaavan kautta, mutta ilman ulkopuolista mittaajaa. Vaikka palveluna toteutettavalla mittauksella saataisi parempia, tarkempia ja kattavampia mittaustuloksia, voivat hyödyt helposti olla suhteellista vaivaa pienemmät, sillä usein valmistajat ilmoittavat pinnanpaksuuksien suositeltavat alarajat millimetrien tarkkuudella, johon pystyvät jo suhteellisen yksinkertaisetkin mittalaitteet.

12 Yhteenveto

Ennakointiin voidaan yritysmaailmassa harvoin panostaa liikaa. Arvioidessa kunnossapidon vaatimuksia laitevalvonnalle, tulee myös tuotannon vaatimukset ottaa huomioon. Etenkin vanhemman laitekannan laiterikkojen itse laitteille aiheuttamat vahingot ovat usein toissijaisia tuotannolle aiheutuvalle vahingolle. Siksi pohtiessa mahdollisuuksia ennakko- huollolle tulisi ensin miettiä vaihtoehtoja, jotka kykenevät joko toimimaan tuotannon kanssa tai häiritsemättä tuotantoa. Tämän työn tavoite oli selvittää, että mitä mahdollisuuksia ja vaihtoehtoja voisi mahdollisesti olla olemassa.

Ennakko- huollon kehitystyö aloitettiin tutustumalla kirjallisuuteen kunnossapidosta, värähtelymittauksista, ennakko- huolloista sekä stantardeista. Kehitystyötä lähdettiin aluksi toteuttamaan kirjallisilla menetelmillä, kuten RCM:llä, mutta niiden toteuttaminen kokonaisvaltaisesti osoittautui nopeasti liian suureksi prosessiksi tätä työtä varten. Työssä päätettiin siksi keskittyä ennakko- huollon mittalaitteiden tai sopivan palvelun löytämiseen kunnossapidon tiimin käyttöön. Selvitystyö tehtiin kyselemällä alan jälleenmyyjiltä sekä palveluntarjoajilta vaihtoehtoja sekä ratkaisumalleja ongelmiin. Tarjottuja vaihtoehtoja vertailtiin ja poissuljettiin työn edetessä. Suurimmat haasteet selvityksessä olivat toisaalta markkinoiden laajuus, mutta samalla myös atex- tilaluokiteltujen laitteiden rajoittuneisuus markkinoilla.

Päätavoitteen mukaisesti lopussa löydettiin kunnossapidolle joitakin vaihtoehtoja toteuttaa ennakko- huoltoon liittyvää valvontaa. Ennakko- huollon kehittäminen tulee siitä huolimatta todennäköisesti jatkumaan vielä pitkään tulevaisuudessa.

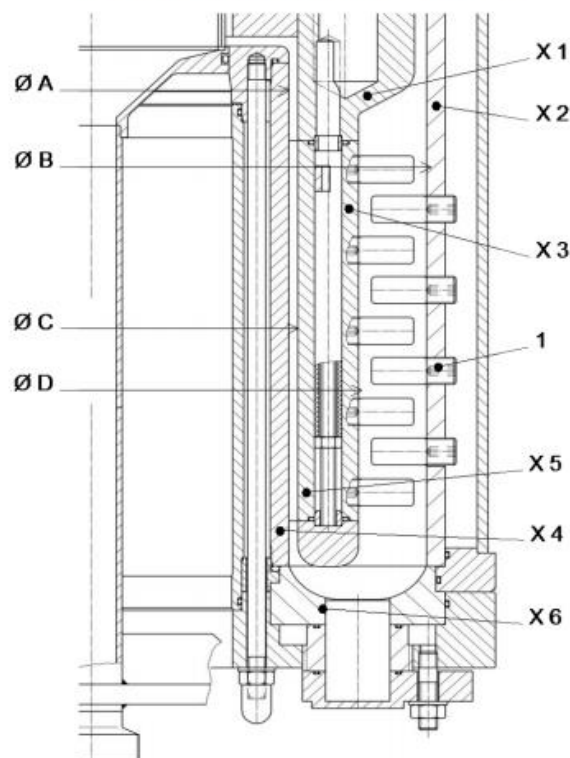
Lähteet

- Fluke, 2018. *Moottorin Akselijännitteen Purkaminen*. [Online] Available at: <https://www.fluke.com/fi-fi/lue-lisaa/blogi/moottorit-sahkokaytot-pumput-kompressorit/moottorin-akselijannitteen-purkausten-mittaaminen-fluken-mda-550-motor-drive-analyzer-analysaattorilla> [Haettu 23 10 2019].
- Holger & Alén, 1999. *Maalit ja niiden käyttö*. 2. uudistettu painos toim. Helsinki: Opetushallitus.
- Järviö, Piispa, Parantainen & Åström, 2011. *Kunnossapito*. 4. painoksen lisäpainos toim. Helsinki: Kunnossapitoyhdistys Ry.
- Mikkonen, H., 2009. *Kuntoon perustuva kunnossapito*. 1. painos toim. Helsinki: KP-Media Oy.
- Nohynek, P. & Lumme, V. E., 2004. *Kunnonvalvonnan värähtelymittaukset*. 2. täydennetty painos toim. Rajamäki: KP-Media Oy.
- Oy, T., ei pvm s.l.:s.n.
- Suomen Standardoimisliitto SFS ry, 2015. *SFS online*. [Online] Available at: <https://online-sfs-fi.ezproxy.metropolia.fi/fi/index/tuotteet/SFSSahko/CENELEC/ID2/6/624771.html.stx> [Haettu 11 2019].
- Suomen Standardoimisliitto SFS ry, 2014. *SFS 5438 Järjestelmän luotettavuuden analysointimenetelmät eli vika-vaikutusanalyysi*. [Online] Available at: <https://wiki.metropolia.fi/pages/viewpage.action?pageId=108375219> [Haettu 10 2019].
- Teknos Oy, 2019. *Tietoa Teknoksesta- Teknos*. [Online] Available at: <https://www.teknos.com/fi-FI/tietoa-meista/> [Haettu 3 10 2019].
- Teknos Oy, ei pvm s.l.:s.n.

Helmimyllyjen pesien seinämävahvuudet

8.6.3 Checking stator and rotor for wear

- Clean and empty the grinding chamber, *see sect. 6.7.*
- Lower and swivel out the stator, *see sect. 8.6.1.*



[mm]	Ø A	Ø B	Ø C	Ø D	X 1	X 2	X 3	X 4	X 5	X 6
Cosmo™	[258]	[365]	[268]	[354]	—	5 (10)	5 (9)	5 (9)	5 (9)	7 (10)
Advantis™	[215]		[225]	[291]	5 (11)	5 (10)	5 (9)	5 (9)	6 (10)	7 (15)
SuperFlow™	[193]		[225]	[291]	5 (11)	5 (10)	5 (9)	5 (9)	5 (10)	7 (10)

(1) Agitator pin

X Admissible remaining wall thickness

() Original size

[] Nominal diameter of a new part

Fig. 8.9: Areas prone to wear

- Check the stator and the rotor for wear:
 - Check the shape of the agitator pins¹⁶,
 - Check wear zone X1 by means of ultrasonic measuring,
 - Carry out a reference measurement in wear zones 2 ... 5
 - Remove the discharge plug.
Check wear zone X6.

Kuva, Erään valmistajan ilmoittamat viitearvot helmimyllyn pesän seinämävahvuuksille

Helmimyllyjen pesien kuluma



Kuva, Helmien aiheuttamaa kulumaa ulkovaipassa